



EPO - Munich  
33

08 April 2003

REC'D 13 MAY 2003

WIPO PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 102 14 374.9

**Anmeldetag:** 30. März 2002

**Anmelder/Inhaber:** DaimlerChrysler AG, Stuttgart/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zum Feinbearbeiten von zylindrischen Innenflächen

**IPC:** B 24 B 33/02

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 24. März 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Hiebinger

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

DaimlerChrysler AG

Dr. Rauscher

26.03.02

5     Verfahren zum Feinbearbeiten von zylindrischen Innenflächen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Feinbearbeiten einer zylindrischen Innenfläche nach Anspruch 1.

- 10    Das Feinbearbeiten von zylindrischen Flächen, insbesondere das Feinbearbeiten von Zylinderlauflächen von Zylinderkurbelgehäusen wird in der Regel durch Honen realisiert. Hierzu gibt es eine Vielzahl von Veröffentlichungen, wie z. B. die DE 44 32 514 A1, in der ein Verfahren beschrieben wird, durch das ein
- 15    hochgenaues Endmaß einer gehonten Fläche erzielt werden kann.

- Die DE 196 05 588 C2 beschreibt ein Verfahren, in dem eine Zylinderlaufläche in einem oberen und unteren Totpunkt eines Kolbens so behandelt wird, dass sie in diesen Bereichen höheren
- 20    Verschleißbedingungen standhält.

- Der bekannte Stand der Technik beschränkt sich jedoch auf die Feinbearbeitung einer Fläche, die durchgehend das selbe Oberflächenmaterial aufweist. Es kann jedoch vorkommen, dass die Zylinderlaufläche durch unterschiedliche Materialien dargestellt ist. Hierbei handelt es sich um einen weicheren Bereich, der durch das Gussmaterial des Zylinderkurbelgehäuses gebildet wird, und einen härteren Bereich, der durch eine Zylinderlaufbuchse dargestellt ist.

- 30    In derartig gestalteten Fällen ist das Feinbearbeiten, insbesondere das Honen, besonders schwierig, da die angewendeten Bearbeitungsmittel, z. B. der Honstein, durch das weichere Material verschmiert und seine Schleifwirkung verliert.

- 35    Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, zylindrische Innenflächen, die unterschiedliche Materialien aufweisen, so feinzubearbeiten, dass sie in diesen Bereichen höheren Verschleißbedingungen standhalten.

bearbeiten, dass die Standzeiten der Bearbeitungsmittel deutlich verbessert werden.

5 Die Lösung der Erfindung besteht in einem Verfahren nach Anspruch 1.

Das erfindungsgemäße Verfahren nach Anspruch 1 zeichnet sich dadurch aus, dass eine zylindrische Innenfläche, die mindestens einen weicheren und mindestens einen härteren Bereich in axialer  
10 Richtung aufweist, zuerst vorgedreht wird. Das Vordrehen kann hierbei gegebenenfalls mehrere Arbeitsschritte mit mehreren Drehmeißeln und Drehparametern wie Vorschubgeschwindigkeit oder Umdrehungszahlen beinhalten. Es kann auch ein sogenanntes Feindrehen umfassen.

15 Hierbei wird der mindestens eine weichere Bereich auf einen höheren Durchmesser vorgedreht. Anschließend erfolgt die Feinbearbeitung durch Honen. Das Honen findet im härteren Bereich statt. Das Honen wird durch eine geeignete Steuerung auf dem  
20 Durchmesser gestoppt, auf dem der weichere Bereich vorgedreht ist. Hierdurch wird der Honstein geschont. Es erfolgt kein erhöhtes Verschmieren des Honsteins.

Unter bestimmten Qualitätsansprüchen ist es notwendig, die gesamte Fläche, den weicheren und härteren Bereich gemeinsam auf ein Endmaß zu honen. In diesem Fall wird die gesamte Fläche fertig gehont, wobei im weicheren Bereich bevorzugt weniger als  
30 10  $\mu\text{m}$  im Durchmesser, besonders bevorzugt weniger als 2  $\mu\text{m}$  abgetragen wird. Üblicherweise beträgt der Abtrag durch das Honen 30  $\mu\text{m}$ . Durch die Reduzierung des Abtrags im weichen Bereich der Fläche kann so die Verschmierung des Honsteins auf einem minimalen Niveau gehalten werden.

35 Zur weiteren Reduzierung der Verschmierung des Honsteins ist es möglich, für den weicheren und den härteren Bereich unterschiedliche Honsteine zu verwenden. Dies kann z. B. durch eine doppelaufweitbare Honahle realisiert werden.

Ein weiterer Vorteil, der sich aus dem erfindungsgemäßen Verfahren ergibt, besteht in Drehriefen im weicheren Bereich, die durch das Vordrehen eingebracht werden und nach dem Fertighonen  
5 zumindest teilweise bestehen bleiben. Derartige Drehriefen können im Betrieb einer Brennkraftmaschine als Schmierstofftaschen (Reservoirs für Schmierstoffe) oder zur Ablagerung bzw. Abfiltrierung von Schmutz- bzw. Abrasionsstoffen genutzt werden.

10 Da es fertigungstechnisch kaum möglich ist, beim tieferen Vordrehen des weichen Bereiches genau den Übergang zwischen weichem und hartem Bereich zu treffen, ist es zweckmäßig, einen geringen Übergangsbereich des harten Bereichs tiefer vorzudrehen. Durch diese Maßnahme wird verhindert, das versehentlich im  
15 weicheren Bereich ein nennenswerter Materialabtrag durch Honen erfolgt.

In vielen Fällen ist nach dem Honen eine chemische Nachbehandlung, z. B. durch Ätzen mit Natronlauge, erforderlich. Diese  
20 erfolgt bevorzugt nur im harten Bereich, somit wird das chemische Behandlungsmittel geschont und erfährt eine längere Standzeit.

Das erfindungsgemäße Verfahren wird in zweckmäßiger Weise auf das Feinbearbeiten von Zylinderlaufflächen angewendet. In diesem Fall wird der härtere Bereich durch eine Zylinderlaufbuchse gebildet, die meistens aus einer hoch siliziumhaltigen Aluminiumlegierung, einer Gusseisenlegierung oder einer keramik- bzw.  
30 siliziumverstärkten Aluminiumlegierung besteht. Der weichere Bereich wird in diesem Fall durch das Gussmaterial des Zylinderkurbelgehäuses, z. B. durch eine Aluminiumlegierung Al-Si9Cu3, gebildet.

Bevorzugte Ausgestaltungsformen der Erfindung werden im Folgenden näher erläutert.  
35

Es zeigen:

Fig. 1, einen Ausschnitt einer zylindrischen Innenfläche mit einem härteren und einem weicheren Bereich vor der Bearbeitung mit einem Drehmeißel,

5 Fig.2, den Ausschnitt aus Fig. 2 nach einem Vordrehen, während eines Honens,

Fig. 3, vergrößerter Ausschnitt aus Fig. 1 während eines Fertighonens.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist an Hand der Figuren 1 bis 3 schematisch veranschaulicht. In Fig. 1 ist ein Ausschnitt einer zu bearbeitenden zylindrischen Innenfläche 2 dargestellt. Es handelt sich hierbei um die Zylinderlaufläche 2 eines Zylinderkurbelgehäuses. Die Zylinderlaufläche 2 umfasst einen härteren Bereich 4, der durch eine Zylinderlaufbuchse 10 gebildet wird und einen weicheren Bereich 6, der durch ein Gussmaterial 12 des Zylinderkurbelgehäuses gebildet wird.

Die Zylinderlaufbuchse 10 besteht aus einer übereutektischen Aluminium-Silizium-Legierung mit ca. 25 % Siliziumanteil. Der hohe Siliziumanteil in der Zylinderlaufbuchse ist für die höheren Härte verantwortlich. Dies ist auf Siliziumkristallite zurückzuführen, die makroskopisch zu höheren Härtewerten führen (Brinellhärte) als herkömmliche Aluminiumlegierungen. Das Kurbelgehäuse an sich ist durch die Legierung  $AlSi9Cu3$  dargestellt.

Zur Bearbeitung der Zylinderlaufläche 2 wird in einem ersten Arbeitsschritt nach Fig. 1 die Zylinderlaufläche 2 mit einem Drehmeißel 14 vorgedreht. Hierbei wird der weichere Bereich 6 etwa bis auf die angestrebte Endfläche 8 (Endmaß) vorgedreht. Es besteht jedoch eine positive Toleranz, weshalb das Vordrehen nicht über das Endmaß 8 hinausgehen darf. In der Praxis wird das Vordrehen etwa  $2\mu m$  vor dem Endmaß 8 gestoppt. Dies bedeutet, dass Drehriefen 6, die durch das Vordrehen entstehen und ein Rautiefe von etwa  $20\mu m$  bis  $50\mu m$  aufweisen, teilweise über

das Endmaß 8 hinausgehen. Das Aufmaß im härteren Bereich 4 beträgt etwa 30  $\mu\text{m}$ .

Es besteht, wie in Fig. 2 beschrieben, ein Übergangsbereich 16, in dem der härtere Bereich 4 ebenfalls wie der weichere Bereich 6 auf nahezu Endmaß 8 vorgedreht wird. Der Übergangsbereich 16 beträgt ca. 1 mm in axialer Richtung.

Im nächsten Arbeitsschritt wird mit einer Hohnahle 15, die hier nicht näher dargestellte Honsteine enthält der Bereich 4 bis auf annähernd Endmaß gehont (Fig. 3). Anschließend wird die gesamte Zylinderlauffläche 2 mit der Honahle 15 auf Endmaß 8 bearbeitet (Fertighonen). In diesem Schritt fährt die Honahle 15 auch über den weichen Bereich 6. Dies schadet den Honsteinen jedoch nicht, da der Materialabtrag vernachlässigbar gering ist. Der Materialabtrag beträgt beim Fertighonen etwa zwischen 2  $\mu\text{m}$  und 10  $\mu\text{m}$ . Da im weichen Bereich 6 im Wesentlichen nur obere Ränder der Drehriefen 18 abgetragen werden, bedeutet dies eine zusätzliche Verringerung des Materialabtrags im Bereich 6.

Die Drehriefen können in vorteilhafter Weise als Kanäle zur Materialabfuhr der beim Fertighonen abgetragenen Materialpartikel fungieren. Beim Vordrehen ist hierbei darauf zu achten, dass die Drehriefen eine geeignete Tiefe erhalten, um die - abhängig vom Honsteinmaterial - entstanden Materialpartikel abzutransportieren. Der Abtransport erfolgt jeweils in Unterstützung von Honöl, das aus der Honahle zwischen den Honsteinen ausgestoßen wird. Auf diese Weise tragen die Drehriefen dazu bei, dass ein vorzeitiges Verschmieren der Honsteine verhindert wird.

Das Verschmieren der Honsteine, sowie die Qualität der gehonten Oberfläche ist im starken Maße von der Kombination Oberflächenmaterial und Honsteinmaterial abhängig. Die Standzeit der Honsteine kann noch weiter verlängert werden, wenn unterschiedliche, an die jeweilige Oberfläche angepasste Honsteine verwendet werden. Dies ist z. B. durch eine sogenannte doppelaufweitbare Honahle realisierbar. So ist es mit einer derartigen Ho-

nahle möglich, an gewünschten Stellen bestimmte Honsteine radial hervorzuheben. Die übrigen Honsteine kommen somit nicht mehr mit der zu bearbeitenden Oberfläche in Berührung.

- 5 Für den weicheren Bereich 6 kann es vorteilhaft sein, Honsteine auf Diamantbasis zu verwenden. Andererseits werden für den härteren Bereich 4 bevorzugt Honsteine auf Siliziumkarbidbasis eingesetzt. Weitere Merkmale der Honsteine sind deren Porosität (zur Aufnahme von Partikel), die Korngröße und die Korndichte.

10

Nach der Feinbearbeitung wird die Fläche im Bereich 4 mit Natronlauge behandelt. Hierdurch wird Aluminium an der Oberfläche ausgelöst, wobei harte Siliziumkristallite stehen bleiben. So entstandene Vertiefungen dienen im Betrieb als Schmierstofftaschen. Da der weichere Bereich 6 nicht mit Natronlauge behandelt wird, wird in der Serienproduktion die Standzeit der Natronlauge verlängert.

15

- 20 Der Bereich 6 weist zwar nach der Feinbearbeitung eine rauere Oberfläche auf als der Bereich 4. Bevorzugt befindet sich der Bereich 6 jedoch unterhalb eines unteren Totpunktes eines Kolbenrings und unterliegt deshalb nicht den selben Anforderungen bezüglich der Oberflächenbeschaffenheit wie der Bereich 4. Die Überreste der Drehriefen dienen ebenfalls als Schmierstofftaschen, zusätzlich werden durch sie Schmutzpartikel herausgefiltert, die aus einem Ölraum auf die Zylinderlaufläche gelangen.

30

Grundsätzlich ist das erfindungsgemäße Verfahren auf alle Bauteile anwendbar, die lokale Werkstoffverstärkung aufweisen und besonders hochwertige Oberflächen benötigen. Dies trifft gerade auf hochbelastete Bereiche, insbesondere auf dem Gebiet der Brennkraftmaschinen, zu. Als Beispiele seien hierfür Reibflächen wie Zylinderlauflächen, Lager für Kurbelwellen, Nockenwellen oder im Getriebegehäuse genannt.

35

DaimlerChrysler AG

Dr. Rauscher

26.03.02

5

Patentansprüche

1. Verfahren zum Feinbearbeiten einer zylindrischen Innenfläche (2), die in axialer Richtung Materialien verschiedener Härten aufweist, umfassend folgende Schritte:
  - Vordrehen der zylindrischen Innenfläche (2),
  - wobei mindestens ein weicherer Bereich (6) der zylindrischen Innenfläche (2) auf einen größeren Durchmesser vorgedreht wird als mindestens ein härterer Bereich (4),
  - Honen mindestens des härteren Bereichs (4) bis auf das Durchmesserniveau des weicheren Bereichs (6).
2. Verfahren nach Anspruch 1,  
d a d u r c h   g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass der härtere Bereich (4) und der weichere Bereich (6) auf einen Abschlussdurchmesser (8) fertig gehont werden.
3. Verfahren nach Anspruch 2,  
d a d u r c h   g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass ein radialen Materialabtrag durch das Fertighonen weniger als 10 µm beträgt.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3,  
d a d u r c h   g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass der härtere Bereich (4) und der weichere Bereich (6) durch unterschiedliche Honsteine fertig gehont werden.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
d a d u r c h   g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass im weicheren Bereich (6) Drehriefen (18) oder Honriefen bestehen bleiben.



- 5 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass in einem Übergangsbereich (16) zwischen weicherem Bereich (6) und härterem Bereich (4) der härtere Bereich (4) bis auf den Durchmesser des weicheren Bereichs (6) vorge-  
dreht wird.
- 10 7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass eine anschließende chemische Behandlung der Fläche nur  
im härteren Bereich (4) erfolgt.
- 15 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass die Fläche (2) eine Zylinderlaufläche eines Zylinder-  
kurbelgehäuses ist.
- 20 9. Verfahren nach Anspruch 8,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass der härtere Bereich (4) durch eine Zylinderlaufbuchse  
(10) und der weichere Bereich (6) durch ein Gussmaterial  
(12) des Zylinderkurbelgehäuses gebildet wird.

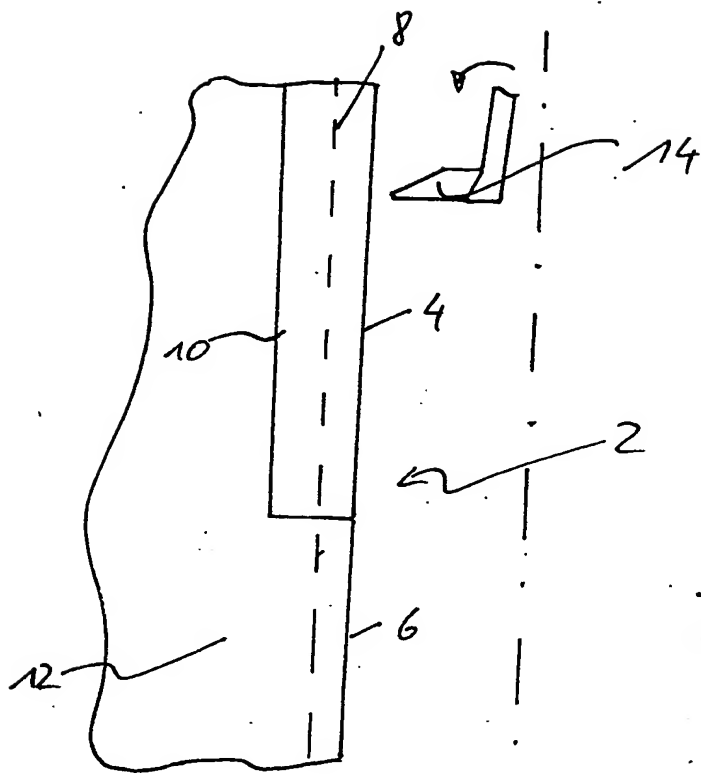


Fig. 1

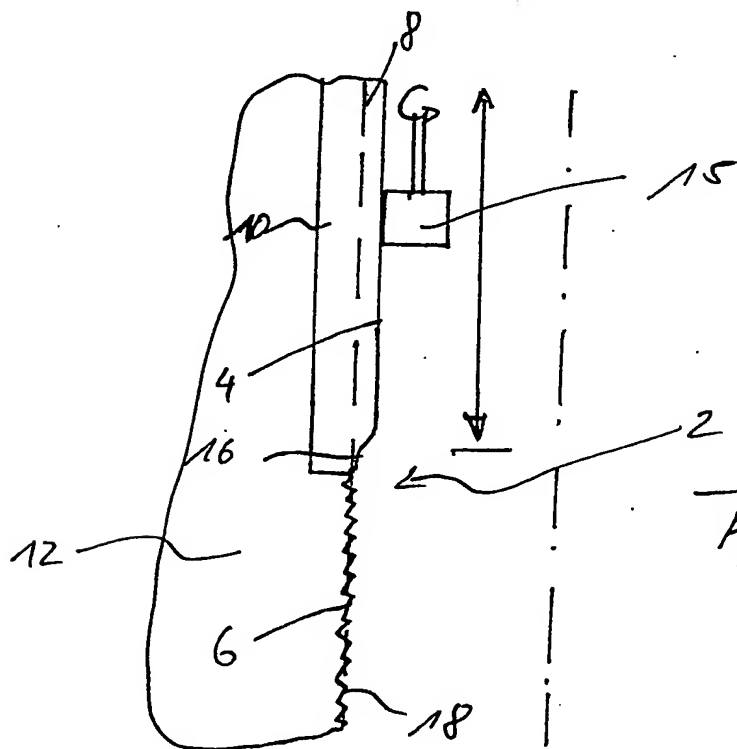


Fig. 2

✓ ... ..

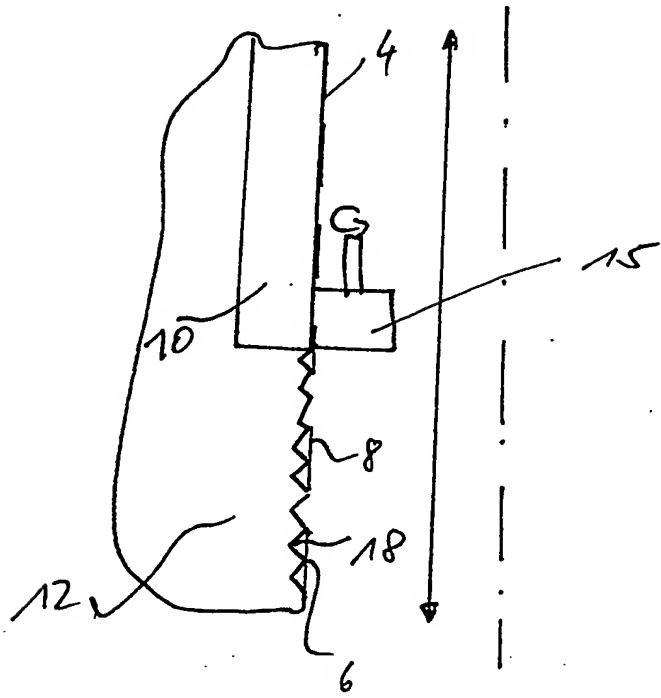


Fig. 3

DaimlerChrysler AG

Dr. Rauscher

26.03.02

5

Zusammenfassung

10 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Feinbearbeiten einer  
zylindrischen Innenflächen, die in axialer Richtung Materialien  
verschiedener Härten aufweist und folgende Schritte umfasst:

- Vordrehen der Fläche,
- wobei mindestens ein weicherer Bereich der Fläche auf einen  
größeren Durchmesser vorgedreht wird als ein härterer Be-  
reich,
- 15 • Honen mindestens des härteren Bereichs bis auf das Durchmes-  
serniveau des weicheren Bereichs.